

METHOD OF FORMING APERTURE WITH INCLINATION IN COMPOSITE INSULATING LAYER

Patent number: JP63104338
Publication date: 1988-05-09
Inventor: BAANARUDO ADA
Applicant: IBM
Classification:
- International: H01L21/302; H01L21/88
- European: H01L21/311B2B; H01L21/768B2B
Application number: JP19870179271 19870720
Priority number(s): EP19860430035 19861008

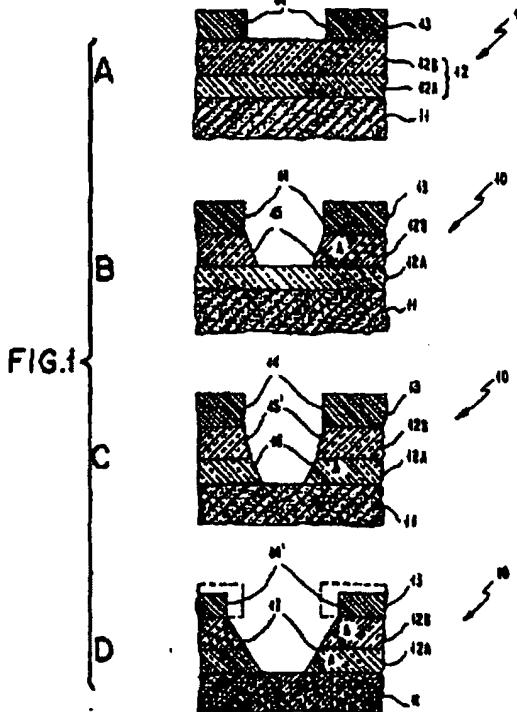
Also published as:
 EP0263220 (A)
 US4814041 (A)
 EP0263220 (B)

[Report a data error](#)

Abstract not available for JP63104338

Abstract of correspondent: EP0263220

In a dry etching equipment, a variable gas mixture composition provides etch and ash simultaneously. For example, when a SiO₂/PSG composite insulating layer (12A/12B) with a respective thickness of about 300 and 600 nm masked by a patterned photoresist layer (13) is to be etched, a CHF₃/O₂ gas mixture may be used with the following steps: 1. Dry etching the composite insulating later in an RIE equipment by a plasma action in a gas mixture containing a fluorine compound and an oxidizer with a percentage of the oxidizer of about 15% to form a tapered hole having the desired slope (A) in the top PSG insulating layer. 2. Dry etching the composite layer in said gas mixture with a percentage of the oxidizer in the gas mixture of about 3%, to transfer said desired slope from the PSG insulating layer (12B) to the bottom SiO₂ insulating layer (12A); during this step the slope of the tapered hole in the PSG insulating layer (12B) has been modified. 3. Dry etching the composite layer in said gas mixture with a percentage of the oxidizer in the gas mixture of about 90% to adjust the slope in said top insulating layer to said desired slope. Therefore the method is comprised of a reduced number of operations (3). In addition, because the process is only based on different CHF₃/O₂ flow ratios, no pumping is necessary, and therefore the process results in higher throughputs. The slope of the resulting via-hole (17) is in the desired 55-65 deg. range.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

⑨日本国特許庁 (JP)

⑩特許出願公開

⑪公開特許公報 (A) 昭63-104338

⑫Int.Cl.⁴
H 01 L 21/302
21/88

識別記号 庁内整理番号
M-8223-5F
F-6708-5F

⑬公開 昭和63年(1988)5月9日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全9頁)

⑭発明の名称 複合絶縁層に傾斜のついた開口を形成する方法

⑮特 願 昭62-179271

⑯出 願 昭62(1987)7月20日

優先権主張 ⑰1986年10月8日⑯欧州特許機構(E P)⑮86430035.5

⑰発明者 バーナルド・アダ フランス国モンテレイ91310、リナス、デ・ガルヴアージュ、38番地

⑱出願人 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州 アーモンク(番地なし)

⑲代理人 弁理士 須宮 幸一 外1名

明細書

1. 発明の名称 複合絶縁層に傾斜のついた開口を形成する方法

2. 特許請求の範囲

フォトレジストによってマスクされた、エッティング速度の異なる材料からなる、基板の上の第1の絶縁層と該第1の絶縁層の上の第2の絶縁層によって構成された複合絶縁層に、所望の傾斜角度を持つ開口を形成するための方法であって、

(a) フッ素化合物と酸化剤からなる混合ガスの混合比を、上記第2の絶縁層において上記所望の傾斜角度を持つ開口が形成されるような第1の比に設定して、該混合ガスを用いた反応性イオン・エッティングを上記複合絶縁層に施し。

(b) 上記混合ガスの混合比を、上記第1の絶縁層において上記所望の傾斜角度を持つ開口が形成されるような第2の比に設定して、該混合ガスを用いた反応性イオン・エッティングを上記複合絶縁層に施す。

(c) 上記混合ガスの混合比を、上記(b)のステップにおいて変更された上記第2の絶縁層の開口の傾斜角度を上記所望の傾斜角度に修正するとともに上記第1の絶縁層に形成された開口の傾斜角度には実質的に影響を与えることのない第3の比に設定して、該混合ガスを用いた反応性イオン・エッティングを上記複合絶縁層に施す

ことを特徴とする複合絶縁層に傾斜のついた開口を形成する方法。

3. 発明の詳細な説明

A. 産業上の利用分野

本発明はドライ・エッティング技術に関し、さらに詳しくは、例えばリンケイ酸ガラス(PSG)と二酸化シリコン(SiO₂)のように少くとも2つのエッティング速度の異なる誘電体材料からなる複合絶縁層において、所望の制御された、スロープを持つテーパーのついたヴァイア・ホールを形成する方法に関する。

B. 従来技術およびその問題点

半導体ウェーハ加工時に設けられた絶縁層に、フォトリソグラフィおよびエッティング工程を経てヴァイア・ホールを形成することは、VLSIシリコン・チップの製造過程の中で、重要かつクリティカルなことである。例えば、絶縁層にエッティングを施してヴァイア・ホールを設け、続いてその上に金属層を付着して該ヴァイア・ホールを充填し、下にあるポリシリコン・ランドあるいは単結晶シリコン基板のような導電層との電気的な接觸を形成する。

駆動／受動デバイスの集積化および超小型化が進む中で、望めて小さなヴァイア・ホールを作る方法が求められている。既知のウェット・エッティング加工はこの点で問題がある。なぜなら、毛細管現象が起きるため、液状のエッティング剤がヴァイア・ホールの底に届かないからである。したがって、今日、 $1\text{ }\mu$ 以下の直径の極めて小さなヴァイア・ホールを作る技術としては、プラズマ・エッティングおよび反応性イオン・エッティングのよう

なドライ・エッティング加工の方に可能性があるようと思われる。

残念なことに、ドライ・エッティング加工を使う場合、エッティング方向は実質的に異方性、つまり垂直方向だけであり、したがって形成されるヴァイア・ホールに側壁は実質的に垂直である。その結果、メタライゼーションの際に、ステップの被覆に関する問題が発生する。すなわち、ヴァイア・ホールの側壁上とステップにおいて金属層が他の場所よりもかなり薄くなるのである。このように金属の厚さが不規則になると、クラック発生の危険性が高まったり、ランドの抵抗に変化が生じたりする。その結果、その後にできる金属層ランドに開口が生じ、チップに組み込まれた機能回路が全く故障してしまう結果を招くことがある。

したがって、そのようなクラックの発生を防ぐために、これら接点開口のスロープにテープをつけなければならない。すなわち、金属の被覆が良好に行われるよう、できるだけスムーズ（約 60° ）でなければならない。

このようなステップ被覆の問題を最小限に抑える、あるいは好ましくは取り除くために、单一の誘電体材料からなる絶縁層に設けるヴァイア・ホールのプロフィールにスロープをつけるためのドライ・エッティング法の開発が行われている。1つの方法として、スロープのついたプロフィールを持つ通常のフォトレジスト・マスクを用いることが提案されている。

すなわち、絶縁層に上に設けたパターン状のフォトレジスト・マスクにテープのついたヴァイア・ホールを形成する方法が提案されている。該方法によれば、構造体が加熱されてレジストが軟化し、表面張力のためにテープのついた壁が現像される。

下にある絶縁層がエッチされる際にマスクもある程度プラズマ・ガスによる異方性の蝕食を受けるので、絶縁層には結果としてマスク・プロフィールが多かれ少なかれ複製されることになる。

しかし、この方法は、エッチ速度比を厚さの比に確実に等しくしなければならないという困難があるとともに、（レジストの現像の後の）ペー

ング工程の際にフォトレジスト・マスクによって被われる形に共形となるようにプロフィールが制限されるという点で、問題がある。

そこで、ある種のフォトレジスト組成の蝕食（erosion）に対する感受性を利用する別の方法が考えられている。上記蝕食が実質的に等方性であり、エッティング・プロセスの際にフォトレジストの等方性蝕食を制御することによって、異方性エッティングと同じ結果が得られることが発見されている。

このプロセスは、非標準的なフォトレジスト組成を用いなければならない点に問題がある。

さらに、リソグラフィ条件、露光パラメータ、表面トポグラフィ、およびホールの大きさといった様々な要因がホール・プロフィールやディメンションに重大な影響を及ぼすので、上記方法では精度を制御できず、かつ結果に再現性をもたせることも難しい。

さらに、シリコン・チップ加工、特にMOSFETの製造においては、シリコン基板またはポリ

シリコン・ランドの上の、少なくとも2つの互いにエッティング速度の異なる誘電体材料からなる厚い複合絶縁層に、極めて小さな接点用開口をエッチすることがしばしば行われる。上記複合絶縁層の例としては、二酸化シリコン(SiO_2)層とその上に積たわるリンケイ酸ガラス(PSG)層からなるものがある。このような複合絶縁層を使う場合、2つの材料のエッティング速度が違うので、上記精度のコントロールの問題はより深刻になる。ウェット・エッチャントを使ってヴァイア・ホールをエッティングする場合、 PSG の方が熱成長 SiO_2 よりも速くエッティングされるので、高密度回路としては開口が大きくなりすぎてしまう。

まだ全面的にドライ・エッティング技術に従っているものの、複合絶縁層に傾斜したプロフィールを持つヴァイア・ホールを設ける最初の試みが、本出願人によってなされている。その試みは(CHF_3 を用いる)エッティング・ステップと(O_2 を用いる)アッシング・ステップを連続させることを主眼としている。

第1表

No.1 エッティング 3.6分	アッシング 0.4分
No.2 エッティング 3.1分	アッシング 0.6分
No.3 エッティング 2.2分	アッシング 1.1分
No.4 エッティング 0.5分	アッシング 2.2分
No.5 エッティング 0.8分	アッシング 3.3分
No.6 エッティング 0.7分	アッシング 1.0分
No.7 クリーニング 1.0分	

この「マルチ・ステップ」プロセスは、エッティング・ステップを6回繰り返し、かつその度に続けてアッシングを行うため、長時間を要する。しかも、2つの連続したステップの間では、前のステップのガス系(例えば CHF_3)を排気してその後のステップのガス系(例えば O_2)を充填するため、長時間のポンピング・シーケンスが必要になる。

エッティングとアッシングに要する合計時間は20.3分であるが、ポンピング時間も含めた総合計時間は約42.0分である。総合計時間がこれ

上記方法の基本原理は、IBM Technical Disclosure Bulletin, vol. 27, No. 6, 1984年11月, p. 3259~3260に掲載した“Multi-step contour etching process”。および同vol. 28, No. 7, 1985年12月, p. 3136~3137に掲載した“Multi-step etching of dissimilar materials achieving selectivity and slope control”において開示されている。

一例として、典型的なCFET製品の製造ラインにおいて、フォトレジストによってマスクされた PSG/SiO_2 複合絶縁層にエッティングを施して接点用ヴァイア・ホールを形成し、下にあるポリシリコン層の一部を露出させる実験を行った。このプロセスは、下記第1表のようなステップからなっていた。

だけ長いと、高スループットが望まれる製造ラインでは深刻な問題となる。

また、「マルチステップ」プロセスは、完全に異方性であることにも特徴がある。 CHF_3 は複合酸化物層を垂直にエッチするが、フォトレジスト・マスクはアタックしない。一方、 O_2 は複合酸化物層をアタックしないが、フォトレジスト・マスクをアタックする。フォトレジスト・マスクは、その開口にテープがつけられているときに、 O_2 によってアタックされる。これは、レジスト材をリフローさせるためにフォトレジスト・マスクを硬化させる必要のあることを意味する。リフローの結果、垂直な側壁はテープのついた側壁に修正される。残念ながら、硬化済のフォトレジスト・マスクを使用する必要のあることは、望ましくない制約である。アッシングはマスク腐食のためだけに使われている。酸化物の異方性エッティングに関して言えば、レジストと酸化物の間のエッチ速度比は選択的である。上記プロセスは、その垂直方向のエッティング成分によって特徴づけられ

る。

したがって、フォトレジストでマスクされた、 PSG/SiO_2 層のような複合絶縁層に、傾斜したプロフィールを持つテープのついたヴァイア・ホールを形成するためのドライ・エッティング法が依然として求められている。

本発明の主要な目的は、複合絶縁層に傾斜したプロフィールを持つテープのついたヴァイア・ホールを形成する際に要する時間が、従来の「マルチステップ」のような方法に比べて少なくなるようにすることである。

本発明の他の目的は、現像後のフォトレジストも硬化後のフォトレジストも使えるようにすることである。

本発明のさらに他の目的は、複合絶縁層をマスクするのに用いるフォトレジスト材の組成や性質に関係なく、傾斜したヴァイア・ホールを形成できるようにすることにある。

本発明のさらに他の目的は、ヴァイア・ホールのエッティングの際に、スロープの制御を極めて良

好に行なうことにある。

C. 問題点を解決するための手段

本発明の教示する所によれば、基板の上にある、フォトレジストによってマスクされた複合絶縁層に、テープのついたヴァイア・ホールを設ける方法が提案される。前記複合絶縁層は、互いにエッチ速度の異なる頂部絶縁層と底部絶縁層から構成される。

本発明法は、フッ素化合物および酸化剤を含む混合ガスのプラズマ作用を用いるドライ・エッティング技術に關係し、以下の3つのステップを含む。

1. RIE (反応性イオン・エッティング) 装置において、フッ素化合物と酸化剤の混合ガス中でプラズマ作用によって、フォトレジストでマスクした複合絶縁層にドライ・エッティングを行う。混合ガス中の酸化剤のパーセンテージは、頂部絶縁層に所望のスロープを持つテーパつきのホールが形成されるような第1のパーセンテージとする。

2. 上記の混合ガス中で、複合絶縁層のドライ・エッティングを行う。混合ガス中の酸化剤のパーセ

ンテージは、上記所望のスロープが頂部絶縁層から底部絶縁層へ移るような第2のパーセンテージとする。このステップで、頂部絶縁層のテープ付ホールのスロープは改変される。

3. 上記の混合ガス中で、複合絶縁層のドライ・エッティングを行う。混合ガス中の酸化剤のパーセンテージは、上記頂部絶縁層のスロープを上記所望のスロープに調整できるような第3のパーセンテージとする。

「マルチ・スロープ」プロセスと呼べるこの方法は、酸化物のエッティングと同時にフォトレジスト・マスクの形の修正を施すことを目的としている。すなわち、エッティングとアッシングを1つのステップに結合することを目的としている。

基板に至るまでに2つの異なる層があるので、2以上のステップが必要になる。換算すれば、フッ素化合物と酸化剤の比の変化と並行して、エッティングの異方度が修正される。

後で詳述する好適な実施例では、上記「マルチステップ・プロセス」の場合と同じ条件、つまり

フォトレジストでマスクした PSG/SiO_2 複合絶縁層に接点用ヴァイア・ホールをエッティングし、ポリシリコン・ランドを露出させる目的で、 CH_F_3/O_2 混合物を用いた本発明の「マルチスロープ」プロセスについて説明する。該実施例では、「マルチスロープ」プロセスを下記第2表に示すようなステップで構成した。

第2表

No 1 エッティング/アッシング	6.0分
	(混合ガス中の O_2 は15%)
No 2 エッティング/アッシング	5.0分
	(混合ガス中の O_2 は3%)
No 3 エッティング/アッシング	7.0分
	(混合ガス中の O_2 は90%)
No 4 クリーニング	1.0分

CH_F_3/O_2 混合ガス中の O_2 の好ましい割合は、第1ステップでは10~20%、第2ステップでは1~8%、第3ステップでは80~100%の範囲である。

したがって、「マルチスロープ」法の基本コンセプトによれば、ステップ間の主要な相違点は、單にフッ素化合物と酸化剤の流量比の相違、つまり混合ガス中の酸化剤のパーセンテージの相違にある。他のすべてのパラメータ的重要性はそれに比べると低い。結果として、ステップ間でポンプ・ダウンする必要がなく、したがってRFパワーを持続することができる。

さらに、「マルチステップ」プロセスと比べると、エッチングとアッシングの合計時間は1.8分に短縮され、ポンピング時間も含めた総時間は2.5分に短縮される。

絶縁層をドライ・エッチングする上記方法と対照的に、「マルチスロープ」プロセスは、側壁にテープのついたヴァイア・ホールを形成するために、特殊なフォトレジスト組成も必要ないし、フォトレジスト材を硬化させる必要もない。

D. 実施例

本発明では、様々なプラズマ・ガスを適用できる。一般に、そのようなガスは、少なくとも1つ

のフッ素化合物、例えばトリフルオルメタン(フルオロホルム、 CHF_3)、テトラフルオルメタン、ヘキサフルオルエタンあるいは三フッ化窒素を含み、通常は該化合物がヘリウムまたはアルゴン等の不活性ガスと混合されている。このタイプのフッ素化合物は、プラズマ状態に変換されると、励起され電気的に中性あるいはイオン化された核種を生成し、該核種がPSGあるいは SiO_2 のような誘電体材料と反応して揮発性の化合物を生成することによってかかる材料からなる層をエッチングし、所望のヴァイア・ホールを形成する。プラズマ・ガスを選択する別の目的は、フォトレジスト・マスクの腐食を制御することにある。この目的は、通常プラズマ・ガスに少なくとも1種類の酸化剤を含ませることによって達成される。この目的達成のための有効性、および経済性の点から、酸化剤としては酸素が好ましい。

実験に用いた装置はApplied Materials製のAME 8100反応性イオン・エッチャである。異なるスロープを形成するために調整した主なパラ

メータは CHF_3/O_2 の比である。レジスト・マスクのエッチング速度と酸化物層のエッチング速度の比は、本発明法の3つのステップに沿って連続的に変化させた。單一の誘電体材料からなる絶縁層にテープをつけたヴァイア・ホールを固定するためのエッチング・プロセスにおける O_2 比の影響は認められている。RIE装置で CHF_3 だけを使うと、垂直な壁を持ったホールが形成される。 O_2 を添加する目的は、ヴァイア・ホールの側壁にスロープをつけることがある。

第1A図には、例えば導電性のポリシリコン・ランドのような基板11を持ち、複合絶縁層12によってパッシベートされたシリコン・ウェーハ10の一部が示されている。絶縁層12は、下側の SiO_2 、絶縁層12Aと上側のPSG層12Bからなる。例えば、下側の SiO_2 、絶縁層12Aは、MOSFETトランジスタのゲート酸化物を構成してもよい。フィールド酸化物を構成してもよい。典型的な厚さはそれぞれ300nm、600nmである。厚いフォトレジスト層13(厚さ約1

200nm)がその上に塗布された後、通常の方法で露光と現像が行われ、その結果、フォトレジスト・マスクに開口14が形成されて、PSG層12Bの一部が露出される。露光と現像は通常の方法で行われるので、フォトレジスト・マスクの線は例えば80~85°の範囲の角度をなし、実質的に垂直である。しかしながら、開口の側壁にもテープをつける上で、フォトレジスト層13を硬化させても差し支えない。フォトレジストとしてShipley社製のAZ1350Jのような既知のフォトレジストを何でも使えることに注意すべきである。フォトレジストに無関係であることは、本発明の重要な一面面である。

さらに、本発明法によれば、開口14にテープをつけることに、パターンを形成したフォトレジスト層13の硬化または未硬化は関係しない。実際、硬化させたフォトレジストについては60°の傾斜を、また未硬化のフォトレジストについては65°の傾斜を形成することができた。

次に第1B図を参照する。 CHF_3 によるエッ

チング速度は、 SiO_2 の場合の方がPSGの場合よりも遅いことが重要である。

プラズマ・エッティングの第1ステップでは、ガス・フロー全体の15%を O_2 とすることによって、頂部側のPSG層12Bにプラズマ・エッティングを施してテーパのついたスロープを持つ開口15°が形成される。このステップは、エッチ・ストップ層として用いられる底部側の SiO_2 層12Aに達すると終了する。テーパAの角度は約65°である。

ステップ1のエッチ・パラメータは次の第1表の通りである。

第1表

O_2 フロー:	15 sccm
CHF_3 フロー:	85 sccm
圧力:	60 mTORR
電力:	1350ワット
時間:	6分

ここで、sccmとは、標準立方センチメートル/

の通りである。

第2表

O_2 フロー:	3 sccm
CHF_3 フロー:	85 sccm
圧力:	70 mTORR
電力:	1350ワット
時間:	5分

CHF_3 は直角を進めるガスなので、これを使うとポリマーが付着する。 O_2 の役割はポリマーを灰化することである。PSGに比べて SiO_2 のエッティングは遅く進行することが知られている。 SiO_2 エッティングの際、未硬化のフォトレジストを使っている場合、PSG層12Bに設けられた（参照番号を15'に改めた）ホールのスロープは、75°ないし80°に増加するが、これは好ましいことではない。このようなテーパ角度はステップ3において修正される。このステップでは、テーパAの角度がPSG層から SiO_2 層に移り、下側の SiO_2 層12Aにホール16を形

分を意味する。

もちろん、キーとなるパラメータは CHF_3/O_2 の比であり、それは約6である必要がある。換言すれば、混合気体中の O_2 の割合は約15%である。これに比べて他のパラメータはすべて限定的でなく、ある程度変化させることができる。

標準的なプロセスによれば、圧力は通常50 mTORRより低く、例えば約10~30 mTORRの範囲であることに注意すべきである。したがって、本発明の「マルチ・スロープ」処理は、通常よりも高圧の下で行うことになる。

標準的な SiO_2 エッチ加工条件の下で行う第2のステップは、先につけたテーパAの角度を下側の SiO_2 層12Aにも移すのに使われる。このステップは、ポリシリコン・ランド11が露出される（この状態は示されていない）約100ns手前で停止することが好ましい。第1B図の構造体が、エッティング条件下のプラズマと接触せられる。

ステップ2のエッチ・パラメータは次の第2表

成する。 CHF_3/O_2 比は約2.8である。つまり、混合ガスにおける O_2 の割合は約3%である。

第1C図は、第2ステップの後で結果として得られる構造体と、開口のテーパのついた各スロープを示す。

フロー・ガス全体の約90%として O_2 フローを使う第3ステップでは、両方の酸化物層よりも早くレジストのエッティングが進行する。これは、 CHF_3/O_2 比が約1.1であることに相当する。

このステップでは、残っていた100nsの SiO_2 が完全に除去されるとともに、上側のPSG層12Bが再びエッチされて所望のテーパのついたスロープが得られる。一方、下側の SiO_2 層のエッティングの進行は遅いので、約60°のスロープがそのまま保持される。

したがって、この第3ステップの目的は、レジスト・マスクをすばやくエッティングし、正しい SiO_2 層12Aのホールのスロープに影響を与えることなく、PSG層12Bのホールの倒壁を大幅に修正して適切な60°のスロープを形成す

ることにある。フォトレジスト・マスク13の腐食速度はプラズマ中のO₂の割合によって直に変化するので、SiO₂層中のヴァイア・ホールのテーパ角度が制御可能になる。

ステップ3のエッチ・パラメータは次の第5表の通りである。

第5表

O ₂ フロー:	80 sccm
CHF ₃ フロー:	7 sccm
圧力:	70 mTORR
電力:	1350ワット
時間:	7分

第1D図は、第3ステップの後で結果として得られる構造体を示す。複合PSG/SiO₂絶縁層に設けられたホール17の最終的なテーパのついたスロープAは、約60°（55ないし65°の範囲）になる。この時点で、フォトレジスト・マスク13は垂直方向と水平方向の両方に渡ってかなり腐食されている。参照番号14'は、上記

フォトレジスト・マスクにおける最終的な開口を示している。

上記のパラメータはすべてシールに応じて変化し得る。

この方法によれば、フォトレジストが硬化液か否かに応じてスロープを50°ないし60°、または60°ないし70°の範囲で形成することができる。このような角度のテーパは、続いてエッジの上に金属フィルムを被覆するのに好ましい。（エッジ破壊が起きない。）絶縁層の表面側と底側でエッチ速度が違うにもかかわらず、その両方についてテーパ角度がほぼ等しい最終構造体が得られることに注目すべきである。

最後のステップはCF₃を使ったクリーニング・ステップであり、これによって、接触抵抗が良好なものとされ、かつ汚染物質が除去される。ステップ4のクリーン・パラメータは下記第4表に示す通りである。

ここで、ERとはエッチ速度のことであり、ERRとはエッチ速度比のことである。

したがって、本発明の広範な原理に従えば、（好適な実施例で説明したように）頂部絶縁層のエッチ速度が底部絶縁層のそれよりも遅い場合、以下の提案に基づく三段階を経て所望のスロープが形成される。

第1ステップ

使われる材料に応じて、エッティングを施す頂部絶縁層のエッチ速度とマスクの腐食度を調整して所定のエッチ速度比を得なければならない。分圧は、水平方向（基板表面に平行な方向）成分に関する限りエッティングが行われるように調整される。この第1エッティング・ステップは、底部絶縁層に到達すると終了する。

第2ステップ

頂部層のスロープを下側の底部層に移すために、マスクに関して高い選択性をもって垂直方向（縦方向）のエッティングを行う必要がある。この2番目のエッティングは、アクティブな基板材料の手前

上記の結果をまとめると下記第7表のようになる。

第7表

マスク	頂部層	底部層
第1 中間ステップ ER	中間ER 中間ERRマスク／頂部層	通常ER 中間ERRマスク／底部層
第2 低(low)ステップ ER	通常(normal) ER 高ERR頂部層／マスク	通常ER 高ERR底部層／マスク
第3 高(high)ステップ ER	通常ER 低ERRマスク／頂部層	低ER 高ERRマスク／底部層

数千オングストロームの所で停止される。

第3ステップ

最後のエッティング・ステップの目的は、先にテープをつけた頂部層中のスロープを再構築することにある。この目的は、絶縁層よりも速くマスクをエッティングすることによって達成される。エッティングが終了するまでに残りの数千オングストロームを取り除いても差し支えない。

上記方法は既に2つの絶縁層からなる複合絶縁層を参照して説明した。すなわち、頂部PSG層が底部SiO₂層の上にあり、そして、PSG材料のエッティング速度がSiO₂材料のそれよりも高い場合についてである。本方法は、スロープや材料等の異なるその他の状況にも当てはめることが可能である。

両方の絶縁層についてエッティング速度が同じ場合は、同じCH_{xF}/NO_x比を採用するとともに、所望のスロープの数値に応じて下記のエッティング速度比を採用することによって、所望のスロープ・プロファイルが得られる。

それぞれどうであれ、三段階の加工がやはり適切である。

E. 効果

本発明によれば、フォトレジストでマスクされ、エッティング速度の異なる材料からなる2つの絶縁層によって基板上に構成された複合絶縁層に、所望の傾斜角度を持つ開口を短時間でしかも良好な精度で形成できる。

しかも、本発明の方法は、フォトレジスト材の組成や性質、硬化済か否かに関係なく適用できるという利点を有する。

4. 図面の簡単な説明

第1A図から第1D図は、フォトレジストでマスクされたPSG/SiO₂複合絶縁層に接点用ヴァイア・ホールを形成することに関する、本発明による「マルチ・スロープ」加工の効果を示す概略的な断面図である。

a) スロープ<45°

マスクのエッティング速度>絶縁層のエッティング速度

b) スロープ=45°

マスクのエッティング速度=絶縁層のエッティング速度

c) スロープ>45°

マスクのエッティング速度<絶縁層のエッティング速度

頂部絶縁層のエッティング速度が底部絶縁層のそれよりも低い場合でも、以下の提案に基づく三段階を経て所望のスロープ・プロファイルが得られる。

第1ステップ

頂部絶縁層に所望のスロープを形成するため、CH_{xF}/NO_x比はやはり調整しなければならない。

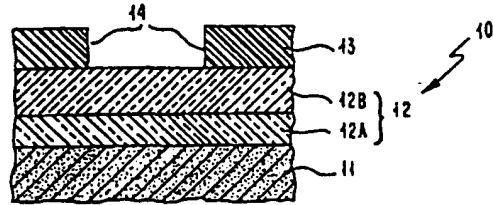
第2ステップ

このステップ（スロープの転写）では変更の必要がない。

第3ステップ

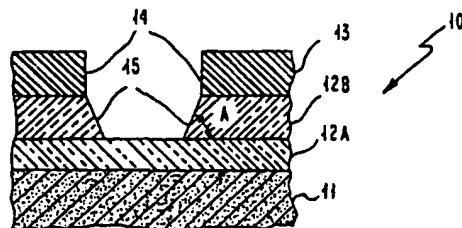
時間だけでは調整する必要がある。マスクと絶縁層のエッティング速度比を制御すべく、CH_{xF}/NO_x比を調整する必要がある。

ともかく、頂部と底部の絶縁層のエッティング速度が

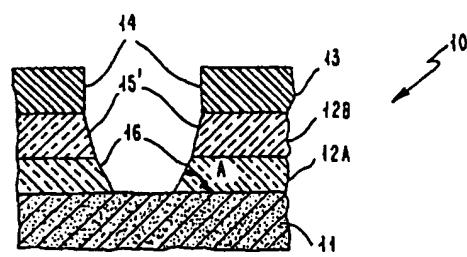


A

第1図

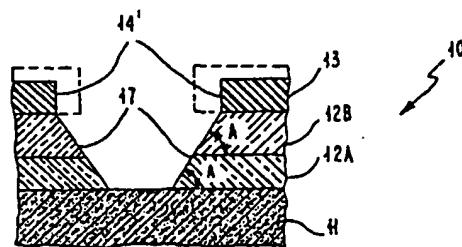


B



C

第1図



D

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.